----- المجلة العراقية لعلوم الأرض ، عدد خاص*(الجزء الاول)، ص 62-73، 2002 -----

تحديد الخزانات المائية في تكوين الفتحة بواسطة الجس الحراري في منجم كبريت المشراق

ثابت داؤد محضر باشي

الشركة العامة لكبريت المشراق

الملخص

تكوين الفتحة عند تركيب المشراق من الناحية الهايدروجيولوجية من التكاوين المعقـــدة والمتعـــددة الخزانات المائية، حيث يحتوي على فجوات وطبقات حاوية على المياه تكونت بفضـــل الإذابـــة وتحـــول صخور المتبخرات إلى كبريت، يتراوح سمك هذه الطبقات ما بين المتر الواحد والعشرة أمتار وعددهـــا يزيد على العشرة خزانات .

أمكن استعمال الجس الحراري لعشرون بئراً من آبار المراقبة الهايدروجيولوجية في تحديد وتوزيع الخزانات والأنطقة الحاوية على المياه عمودياً وذلك بتحديد الانكسار الحاصل في مخطط الجس الحراري.

صنفت مخططات الجس الحراري للآبار إلى أربعة أنواع اعتماداً على تشابهها في التغيير الحاصل في الانحدار الحراري مع العمق، تبين أن درجة الانكسار والتغاير في الانحدار الحـــراري ذات علاقـــة بالخواص الهايدروليكية وحركة المياه الجوفية أفقياً وعمودياً ما بين الخزانات.

Detecting The Water-Bearing Zones by The Temp. -log at Mishraq

Thabit D. Mahder-Bashi

Mishraq Sulphur State Enterprise

ABSTRACT

AL-Fat'ha formation at Mishraq structure considered from the hydrogeological point of view as one of the most complicated multiple aquifer, where containing cavities and the water zones formed by the action of dissolution and alteration of evaporite rocks to sulphur, the thickness ranges from 1m to 10m and their number exceeding 10 zones.Temp. profiles were observed in 20 hydrogeological boreholes to locate the distribution of water bearing zone vertically by the inflection in the Temp. profiles.

Temp. profiles are classified into four types according to their patterns of variation in temperature gradient with depth. It has been found the degree of inflection and the changes in temperature gradient have a relation with the hydraulic properties and ground water movement horizontally and vertically between the aquifers.

---

*بحوث المؤتمر القطري الاول لعلوم الارض /جامعة الموصل

المقدمة

الجس الحراري هو تسجيل لدرجات حرارة السائل الذي يحيط بالمتحسس، سجلت مع العمق داخل الآبار. ان درجة حرارة المياه الجوفية من الناحية الهايدروجيولوجية يعتبر كمقتفي أثر (tracer) يستدل بها لدراسة اتجاه سريان المياه الجوفية ما بين الخزانات داخل الآبار التي تخترق عدد من الطبقات أو الخزانات التي تحتوي على الفجوات والتشققات مثل تكوين الفتحة في منطقة المشراق، كما أنها تعتبر من العناصر السهلة القياس في المسوحات الهيدروجيولوجية. فالتوزيع العمودي للحرارة في صخور الأرض يمكن قياسه باستعمال البئر المملوء بالماء الذي تكون فيه درجة حرارة السائل ذات توازن مع الصخور المحيطة. إن الانحدار الحراري النموذجي يتراوح ما بين $0.47^{o}C$ و $0.6^{o}C$ لكل 31م عمق (Keys & Brown, 1978)، وان التشوه والانحراف في الانحدار الحراري في التسجيل الحراري مع العمق للبئر يستدل به على تواجد الفجوات أو الشقوق التي تجري فيها المياه الجوفية، كما أن معدل سريان المياه الجوفية العمودي يمكن حسابه باستعمال درجة حرارة سائل البئر اذا كانت سرعة السريان كافية لتؤثر على المنحني الحراري (Stallman, 1960) .

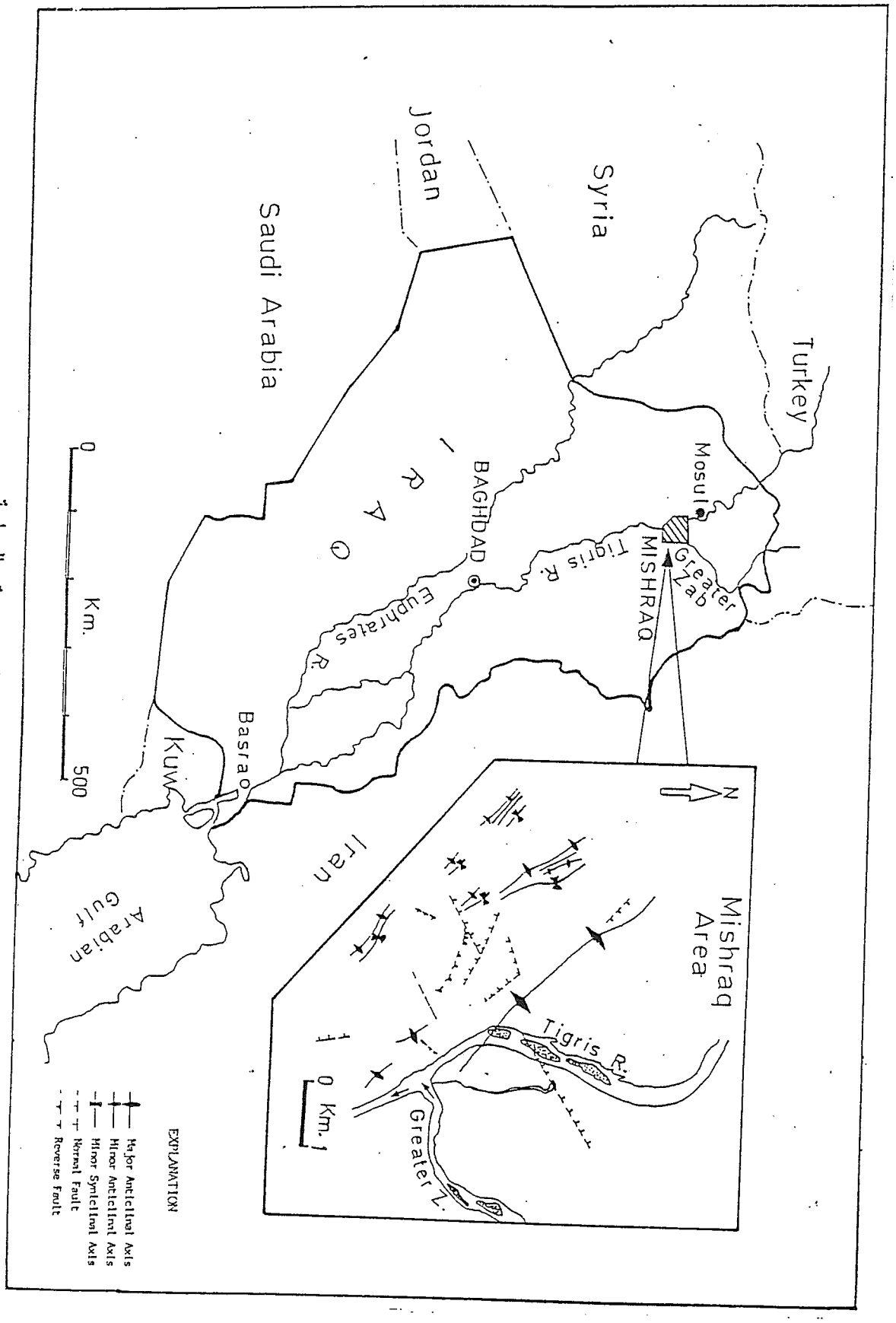
لقد تم تطبيق المنحنيات المثالية (type curves) المعدة من-قبل (Bredehoeft & Papadopulos, 1965) على التسجيلات الحرارية لآبار المراقبة البالغ عددها عشرون بئراً المنتشرة في الحقل والتي تخترق تكوين الفتحة وقد حددت سرعة واتجاه سريان المياه داخل الآبار، اضافة الى ذلك فقد تم تحديد امتداد التشققات والفجوات أفقياً بواسطة المقاطع العرضية.

الموقع:

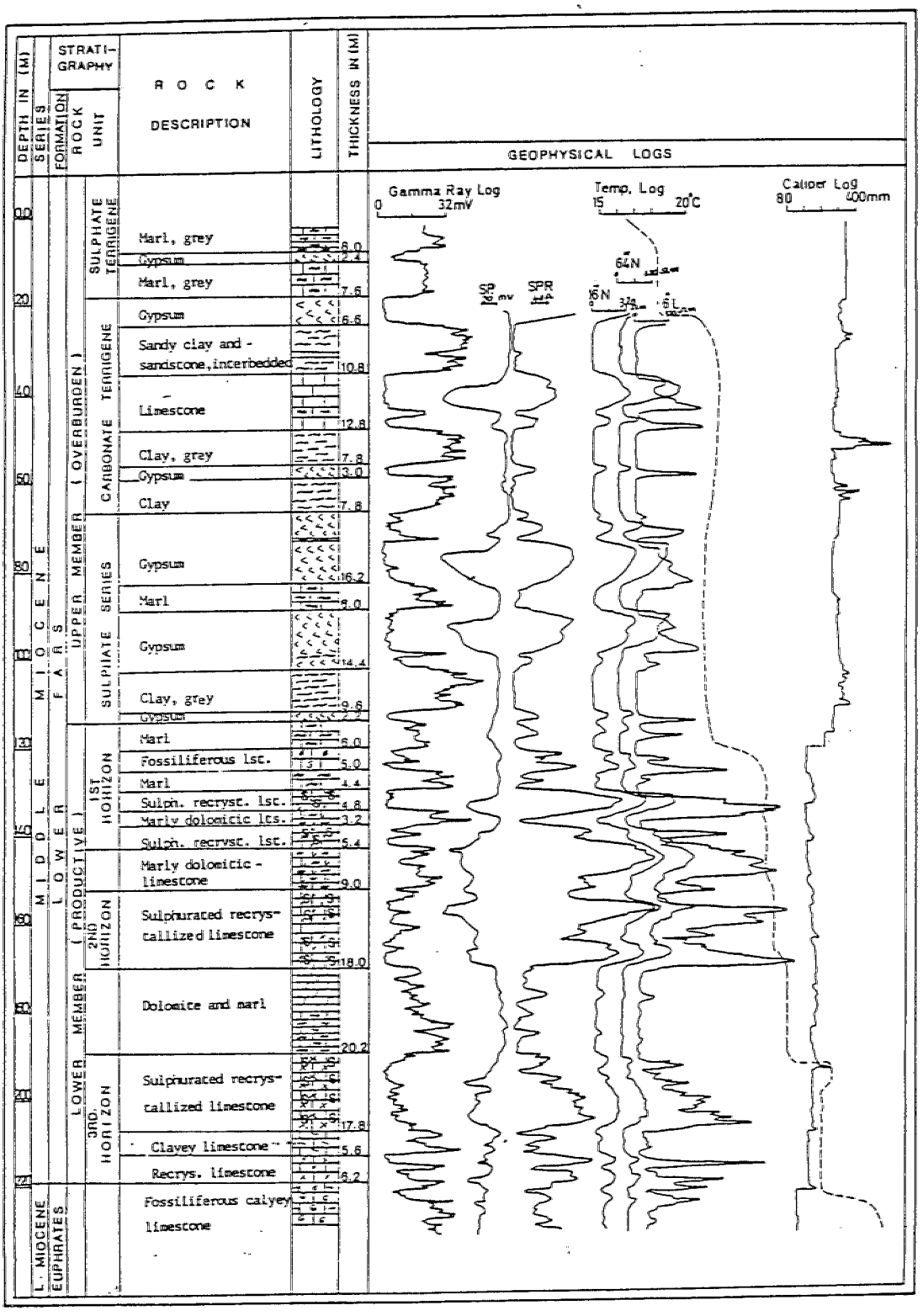
تقع منطقة الدراسة حوالي 45 كم جنوب مدينة الموصل وعلى الجهة اليمنى من نهر دجلة عند تقاطعه مع نهر الزاب الكبير كما مبين في الشكل رقم (1) .

جيولوجية وهيدروجيولوجية المنطقة:

يغطي المنطقة تكوين الفتحة (الفارس الأسفل) والذي يتكون من تعاقب لدورات ترسيبية، عدد هذه الدورات تتراوح ما بين 10 – 16 في منطقة الدراسة، لكل دورة لها تتابع منسق، فالدورة الكاملة تتكون من الطين والمارل، حجر الكلس الجيري وصخور الجبس و الانهايدرات معظم الدورات غير متكاملة مع فقدان واحد أو أكثر من عناصرها، كما يتراوح سمك كل دورة من 1 م الى أكثر من 20 م .. وكما موضح في الشكل رقم (2).



شكل (1) خارطة تبين موقع الدراسة



شكل 2: العمود الجيولوجي مع العمق لمنطقة المشراق

إن تحول صخور الجبس والانهايدرات الى صخور حاوية على الكبريت رافقها حدوث فجوات اضافة الى التكهفات بفعل الاذابة. التطبق والفروقات في الليثولوجي قد خلقت ظروفاً مما جعلت الطبقات الحاوية على الماء والخواص الهايدروليكية تتغير بالاتجاهات الأفقية والعمودية. حيث قسمت الخزانات المائية الى ثلاثة وعلى ضوء الطبقات الثلاثة الحاوية على الكبريت (Ist. Horizon ,II nd.Horizon, & III rd. Horizon) وكما مبين في الشكل رقم (2) ، وكل خزان يحتوي على عدد من الاطواق حاوية على الماء (water bearing zones)، وعدد الطواق يعتمد على عدد التكهفات والفواصل ودرجة تحول الصخور الجبسية الى كبريت.

التسجيل الحراري العمقي Temp. Depth Profile:

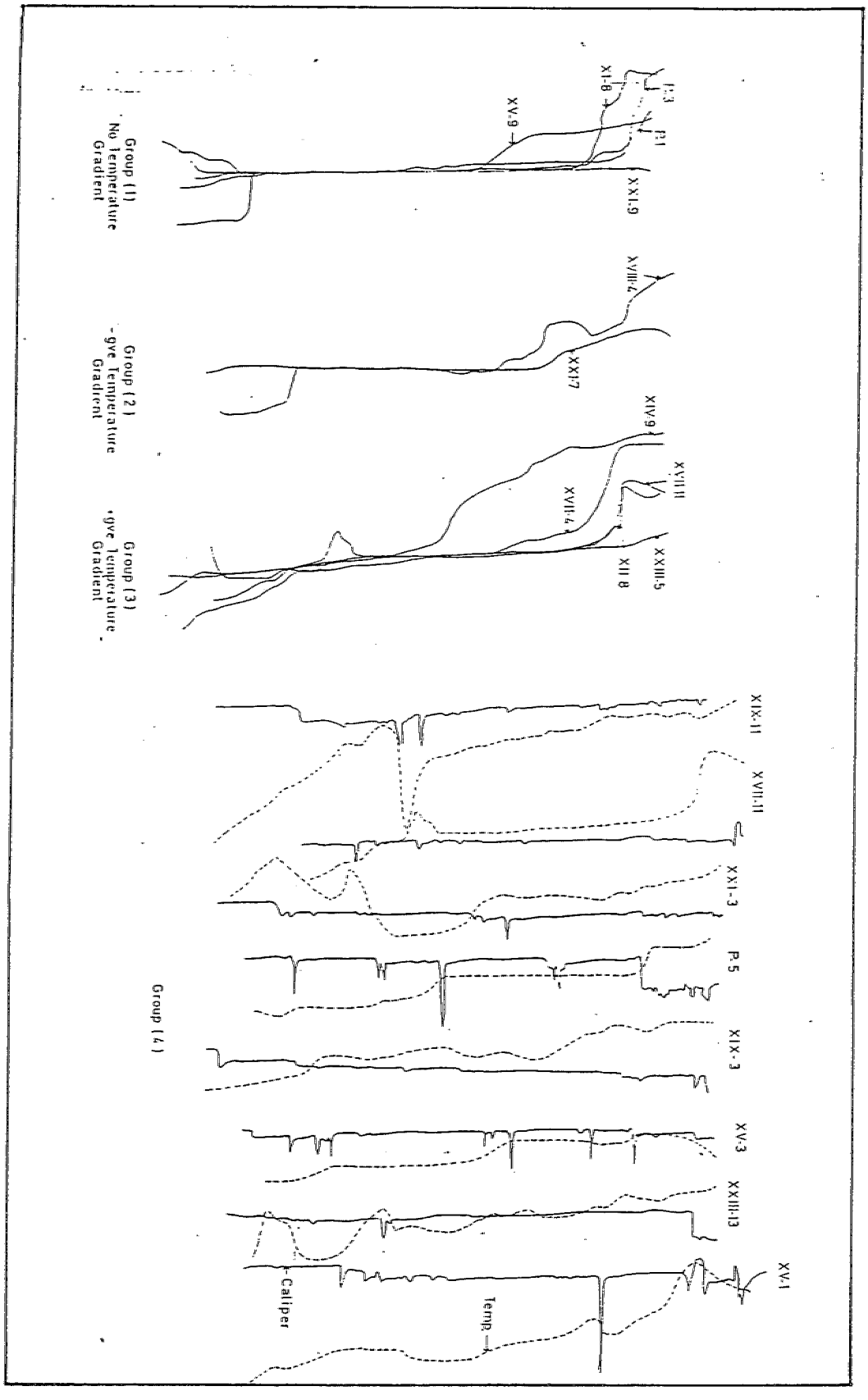
التسجيل الحراري العمقي لعشرون بئراً كما موضح في الشكل رقم (3) قد تم قياسها لآبار المراقبة الهايدروجيولوجية وذلك باستعمال الجس الجيوفيزيائي الحراري. الجس الحراري للآبار نفذ من الأعلى الى الأسفل وذلك لتقليل التأثير على التوازن الحراري داخل البئر. آبار المراقبة خلال عملية القياس كانت مفتوحة على مجموع سمك تكوين الفتحة والذي يشمل الجزئين العلوي والسفلي (الغطائية والانتاجية).

قياسات الحرارة للآبار قد قسمت الى أربعة مجاميع وذلك بموجب تشابهها في تغيير الانحدار الحراري مع العمق وانكسارها وتشويهها التي سيطرت عليه حركة المياه عمودياً أو دخولها وخروجها من الأطواق المائية.

المجموعة الأولى:

وتشمل الآبار P-1 ، P-3 ، XI-8 ، XV-9 ، XXI-9 كما مبين في الشكل (3Group 1) هذه المجموعة تتميز بتسجيل عمودي عديم الانحدار الحراري حيث تكون درجة الحرارة متساوية من الأعلى الى الأسفل، مما يقترح أن السريان كان عمودياً داخل البئر والناتج عن الفرق في مستوى الماء الجوفي ما بين الخزانات اضافة الى أن حركة الماء تبدو سريعة، عليه فأن الحرارة تكون متساوية الى عمق البئر.

هذه الحالة قد تأكدت بالاختلاف في مستوى المياه الجوفية حيث سجل مستوى الماء الجوفي في الخزان الأول أقل بكثير من الخزانين الثاني والثالث، كما تبين من عمليات الضخ التجريبي للخزانات الثلاثة بأن معامل الناقلية في الخزان الأول أعلى بكثير من الخزانين الثاني والثالث، هذه العوامل جعلت المياه تسير الى الاعلى من الضغط العالي في الاسفل الى الضغط الواطئ في الأعلى وبسرعة مما جعل الفقدان الحراري العمودي يتلاشى.



شكل 3: التسجيلات الحرارية مع العمق لابار المراقبة

المجموعة الثانية:

هذه المجموعة تشمل آبار المراقبة XXI-7 ، XVIII-4 كما في الشكل (3 Group 2) . تسجيلات حرارة العمق لهذه المجموعة تتميز بأنها ذات انحدار حراري سالب، العملية التي أثرت على مثل هذا التوزيع الحراري ربما يعود الى سمك الطبقات ذات النفاذية الأعلى والتي توجد عند العمق المحدد بواسطة مجس الاقطار (caliper log) وخاصة في الطبقة الثالثة التي يقترح بانها تحتوي على كميات كبيرة من المياه الجوفية ذات درجات حرارة قليلة، وكذلك تأثير الصخور ذات التوصيل الحراري العالي في أجزاء من الطبقات الشبه عازلة والتي تقع فوق الطبقات ذات النفاذية العالية بين طبقات الثانية والثالثة والتي تتكون من الدولومايت وحجر الجيري الدولوماتي، والعامل الآخر هو أن عمود الماء داخل البئر في حالة توازن (لا يوجد سريان داخل البئر) والذي تأكد من تساوي مستوى المياه في الطبقات الثلاثة.

المجموعة الثالثة:

كما يلاحظ في الشكل (3 Group 3) أنها تمتلك انحدار حراري موجب تزداد الحرارة مع العمق، هذه المجموعة تشمل آبار المراقبة XIV-9 ، XVII-11 ، XVII-4 ، XXIII-5 ، XII-8 ،ان تسجيل العمق الحراري لهذه المجموعة تشير بأنه لا يوجد فرق عالي في النافذية بين الأطواق الحاوية على الماء بأتجاه العمق، التشويه القليل في الانحدار يعود سببه الى تأثير عملية الحمل.

المجموعة الرابعة:

تسجيل العمق الحراري لهذه المجموعة تميز بالقطوعات الواضحة في الانحدار الحراري. الآبار في الشكل (3 Group 4) تمثل أكثرية الآبار في المنطقة. الانحراف في التسجيل الحراري الى الجهة اليسرى سببه الاختلاف في درجات الحرارة الناتجة عن دخول الماء في الاطواق ذات النفاذية العالية ودرجة الانحراف تظهر أنها ذات علاقة مع كميات المياه الجارية. سجلات الحرارة لهذه المجموعة قورنت مع الجس القطري للبئر (caliper log)، فالاعماق المشوهة في التسجيلات الحرارية وجد أنها تتطابق مع الزيادات في أقطار الآبار والتي تشير الى وجود فجوات ومسارات قد تكونت بسبب الاذابة والتي تمثل نفاذية عالية، وخاصة في الاعماق المقابلة للصخور الكلسية المتبلورة الحاوية على الكبريت،أما الانتفاخ في العمود الحراري وجد أنه مقابل الصخور عديمة النفاذية مثل صخور الجبس والانهايدرايت والأطيان كما في الآبار XXIII-13 ، XXI-3 ، XV-1 كما أنها تمتاز بتوصيلية حرارية واطئة.

التسجيل الحراري يؤكد أيضاً أنه لا يوجد سريان للماء داخل البئر مما حافظ على التطبق الحراري داخل البئر وهذا ما أكدته المستويات المتساوية للمياه الجوفية للطبقات الحاوية على الكبريت عند مواقع هذه الآبار.

التوزيع الأفقي لمناطق التكهف والتشققات:

أمكن استعمال الجس الحراري للآبار لمعرفة امتداد التكهفات والتشققات وذلك بربط هذه المنـــاطق من خلال استعمال معلومات الحرارة مثلما تستعمل في الليثولوجي ونوعية المياه أو معلومات تســـتحصل من قياسات الجس الجيوفيزيائي. شكل رقم (4) يوضح الارتباط على طول مقطع يمتـــد بأتجـــاه محـــور التحدب ما بين البئرين XV-1 و XV-3 ، حيث يلاحظ امتداد لقنوات أو تكهفات في البئر XV-1 عنـــد الأعماق 90 , 155 , 175 , 220 كما تظهر الأعماق ذات الدرجات الحرارية العالية في المناطق عديمـــة النفاذية وهذا ما يؤكده الجس بطريقة الكاما الطبيعية والذي تظهر عند الاعماق أيضاً للبـــئر XV-1 40، 80، 100، 150، 170، 175، 200، 215 ويلاحظ أيضاً من خلال اجراء المقاطع الجيولوجية الحراريـــة، التغيرات في أبعاد الفجوات والقنوات تحت سطحية وامتداداتها بأتجاه البئر XV-3 .

حساب سرعة حركة المياه الجوفية داخل الآبار:

المعادلة التفاضلية لـــ (Stallman, 1960)

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}-\frac{Co\rho o}{k}\left[\frac{\partial(VxT)}{\partial x}+\frac{\partial(VyT)}{\partial y}+\frac{\partial(VzT)}{\partial z}\right]=\frac{C\rho\partial T}{k\partial t} \quad \text{-------- (1)}$$

T = Temp. at any point at time t.

C_o = Specific heat of fluid

ρ_o = Density of fluid

c = Specific heat of solid - fluid complex

ρ = Density of solid - fluid complex

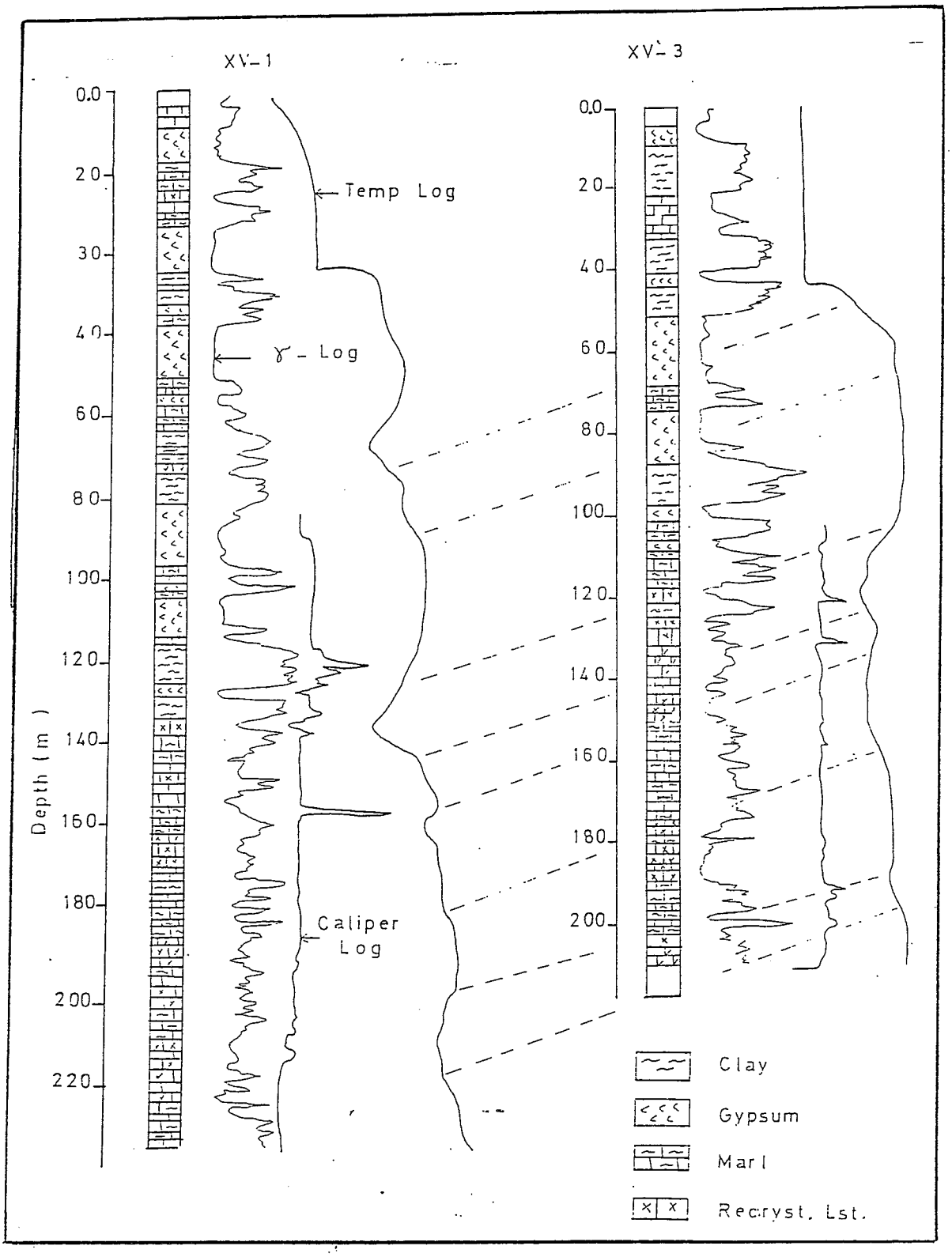
k = thermal conductivity of solid - fluid complex.

Vx, Vy, Vz = components of fluid velocity in X, Y, Z direction

t = Time since flow started

هذه المعادلة أمكن تبسيطها لتحليل السريان لكلا الحرارة والسائل في الاتجاه العمودي، اذا كان السريان ثابت في الزمن والمكان، فالمصطلحات الاخرى في المعادلة التي تعتمد على الزمن وبالاتجاهات X , Y تساوي صفراً، عليه فأن المعادلة رقم (1) يمكن اختصارها الى (Bredehoeft & Papadopulos, 1965)

$$\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}-\left[\frac{Co\rho oVz}{k}\right]\frac{\partial T}{\partial z}=0 \quad \text{---------- (2)}$$



شكل 4: مقطع حراري وجيولوجي عمودي على محور الطية ويشاهد فيه γ–ray log و caliper log

تم حل المعادلة رقم (2) باستعمال الشروط الحدودية لشرح المسألة $Tz = T_O$ عند $Z = 0$ و $T_Z =$ T_L عند $Z = L$ في حالة Z و Vz موجبة باتجاه الأسفل من عند البداية T_O حيث تكون البدايـــة T_O و T_Z هي الحرارة عند البداية والعمق L من البداية فكان الحل الآتي:

$$(T_Z - T_O)/(T_L - T_O) = f(\beta, Z/L) = [\exp(\beta, Z/L) - 1] / [\exp(\beta-1)] \text{ --(3)}$$

$\beta = Cw\ \rho w\ Vz\ L / k$ حيث

β معلومة عديمة الوحدة موجبة أو سالبة تعتمد على Vz اذا كان السريان بأتجاه الأسفل أو الأعلى داخـــل البئر.

السرعة العمودية أمكن حسابها من الجس الحراري للبئر XIX-11 وذلـــك باســـتحصال قيمـــة β بواسطة تسقيط العمق Z/L مع الحرارة $(T_Z - T_O)$ $(T_L - T_O)$

أستعملت منحيات بردهوفت وبابادوبلوس المثالية لايجاد قيمة β التي تساوي 1.0 كما موضحة فـــي الشكل رقم (5) حيث وجد أن سرعة الماء داخل البئر من العمق 100 الى العمق 150 يســـــاوي $1x10^{-6}$ m/sec وبتطبيق المعادلة رقم (4) .

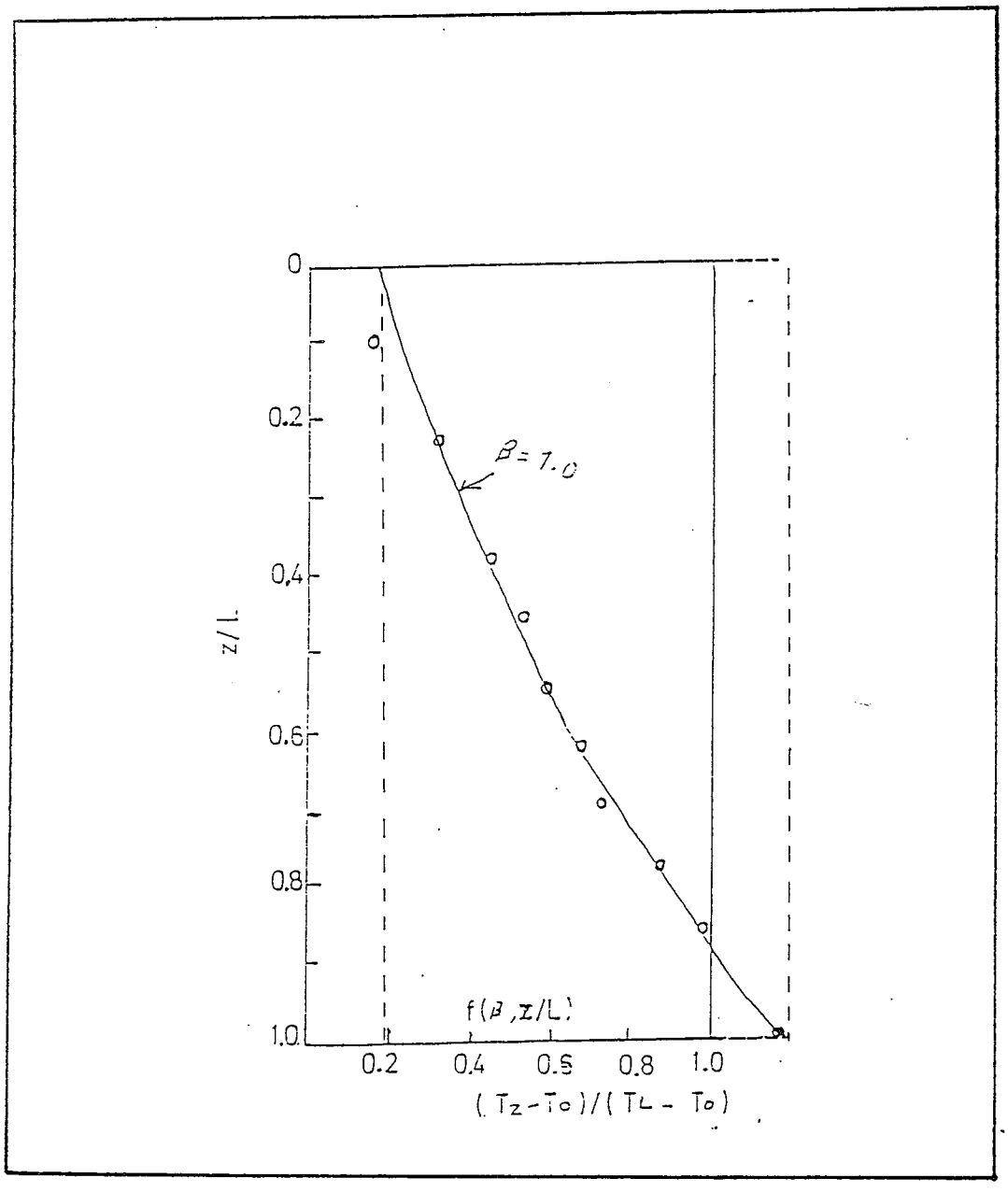
$$Q=AVz \qquad \text{---------- (4)}$$

A =cross sectional area of the well

يمكن حساب كمية المياه المتسربة ما بين الخزانات ، السرعة البطيئة داخل البـــئر تعكـــس قيمـــة النفاذية للطبقات التي أستحصلت من عملية الضخ التجريبي والتي كانت تساوي أقل من 1 م / يوم .

الاستنتاجات

1. الجس الحراري ممكن اعتباره من اسهل التقنيات التي تستعمل في المســـوحات الهيدروجيولوجيـــة ، حيث يمكن تحليل معلومات مخططات الجس الحراري بسرعة في الحقل.
2. التعرف السريع على سمك وأعماق وامتدادات الخزانات الجوفية وبسهولة وخاصة في المناطق التـــي تخترق فيها الآبار أكثر من خزان جوفي.
3. يمكن معرفة وبصورة سريعة ورخيصة – الخواص الهيدروليكية للطبقات الحاوية على الماء .
4. سهولة حساب كميات المياه المتسربة ما بين الخزانات وتعتبر هذه العملية مهمة جدا في حالة تواجـــد خزانات تحتوي على مياه ذات نوعيات مختلفة، والكشف عن احتمالية حدوث حالات تلوث .



شكل 5: تسقيط درجات الحرارة مابين الاعماق 100–150 على المنحني المثالي لبردهوفت وبابادوبولس للبئر XIX-11

المصادر الاجنبية

Bredehdeft, J. D. and Papadopvlos I. S., 1965. Rates of vertical ground water movement estimated from earth's thermal profile, W. R. R. Vol.1 No.2. pp. 325 - 328.

Keys, W. S. and Brown R. F., 1978. The use of temperature logs to trace the movement of injected water: G. W. Vol. 16, No. 1 pp 22 - 48.

Stallman R. W., 1960. Methods of collecting and interpreting ground water data, compiled in Ray Bentall, U. S. Geol. Surv. Water supply paper, 1544-H pp. 36 - 46.